

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА**

# ***Системний аналіз***

## ***МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ***

**до практичних занять**

(для студентів 3 курсу заочної форми навчання  
за напрямом підготовки 6.040106 – "Екологія, охорона навколишнього середовища  
та збалансоване природокористування")

**ХАРКІВ ХНАМГ 2011**

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Системний аналіз» (для студентів 3 курсу заочної форми навчання за напрямом підготовки 6.040106 – "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування") / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Дмитренко Т.В. – Х: ХНАМГ, 2011. – 19 с.

Укладач: к.т.н., доцент Т.В. Дмитренко

Рецензент: к.т.н., доцент І.Ю. Саратов

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст,  
протокол № 9 від 30.03.2009 р.

## З М І С Т

Вступ. ....	4
1. Мета, завдання, предмет та місце дисципліни. ....	6
2. Теми та зміст практичних занять з дисципліни «Системний аналіз» . .	7
3. Тематичний план (розподіл навчального часу практичних занять) . . . .	16
4. Інформаційно-методичне забезпечення курсу. ....	17

## ВСТУП

Системний аналіз – синтетична дисципліна, що розробляє і застосовує способи дослідження різноманітних складних систем або ситуацій при нечітко поставлених цілях (критеріях). Синтетична – об'єднує досягнення різних точних, прикладних і гуманітарних дисциплін, починаючи від методів математичного аналізу до методів психології. Складна система – система або об'єкт навколишнього природного середовища, властивості якого не можуть бути точно визначені із-за недостатнього знання процесів в межах системи і її взаємодії з навколишнім середовищем. Нечітко поставлені цілі (критерії) - умови невизначеності, при яких критерії оцінки стану системи не є кількісно визначеними або не вичерпують різноманіття її станів або не є загальноприйнятими. Причинами малої ефективності застосування системного аналізу як методу розробки раціональних програм управління складною системою (навколишнім середовищем) є невміння дослідників представляти інформацію у формі, зрозумілій для особи, що ухвалює рішення; переоцінка можливостей системного аналізу; неадекватність існуючих даних; невизначеність і труднощі встановлення причинно-наслідкових взаємозв'язків між змінними, що описують стан навколишнього середовища; досить поширена думка про неможливість використання аналітичних методів дослідження при рішенні проблем навколишнього середовища; нездатність окремих дослідників виразити цілі планування так, щоб можна було оцінити прогрес в рішенні поставленої задачі.

За своїм змістом і призначенням методами системного аналізу є способи конструювання безлічі варіантів вирішення проблеми, яка зачіпає інтереси осіб, що не збігаються, або, навіть, є суперечливими, і вибору єдиного якнайкращого з усіх точок зору компромісного варіанту.

Метою даного курсу є забезпечення загальноінженерної підготовки у галузі аналізу складних систем як основи для вивчення професійно-орієнтованих дисциплін та надання теоретичних знань та практичних навичок

із системного аналізу в достатньому для професійної спеціалізації обсязі.

У даних методичних вказівках формулюються теми та стислий зміст практичних занять з дисципліни «Системний аналіз», що відзначені у програмі та робочій програмі навчальної дисципліни, пропонується тематичний план (розподіл часу за темами, формами і видами навчальної роботи), рекомендується відповідна література.

Таким чином дані вказівки містять необхідний мінімум інформації для складання студентами заліку з дисципліни.

## 1. МЕТА, ЗАВДАННЯ, ПРЕДМЕТ ТА МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ

**Загальний обсяг** навчальної роботи студента за навчальним (и) планом(ами) - 90/2,5....годин/ кредитів ECTS.

**Метою курсу** «Системний аналіз» є забезпечення загальноінженерної підготовки у галузі аналізу складних систем як основи для вивчення професійно-орієнтованих дисциплін та надання теоретичних знань та практичних навичок з системного аналізу в достатньому для професійної спеціалізації обсязі.

**Завдання дисципліни:** оволодіння навичками моделювання систем і використання обчислювальної техніки для роботи з моделями, використання експертних методів системного аналізу довкілля.

**Предмет дисципліни:** системні підходи до аналізу складних систем і вирішенню складних проблем в умовах неповної і різномірної інформації.

**Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця:**

Перелік дисциплін, на які безпосередньо спирається вивчення даної дисципліни	Перелік дисциплін, вивчення яких безпосередньо спирається на дану дисципліну
<i>Вища математика, фізика</i>	<i>Моделювання і прогнозування стану довкілля</i>

**У результаті вивчення дисципліни студент повинен:**

- знати: теоретичні засади й методи аналізу складних систем і проблем в умовах неповної інформації;
- уміти: застосовувати теоретичні знання й набуті вміння в практичних проблемах в умовах недостатнього інформаційного забезпечення.

## **2. ТЕМИ ТА ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З ДИСЦИПЛІНИ “СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ”**

### **Тема: Поняття системи. Методологія побудови складних систем.**

У визначенні системи немає вичерпного підходу. Згідно Е.Г. Юдіну система є таким об'єднанням елементів, яке забезпечує органічне ціле. Решта всіх елементів, що не включаються в систему, відноситься до зовнішнього середовища. Системо-утворюючим чинником може служити інформація щодо поставленої мети. Це означає, що рішення про включення або не включення елементу в систему ухвалюється на раціональному або суб'єктивному рівні залежно від поставленої мети дослідження.

Концептуальною моделлю системи називається графічний і словесний опис системи, який включає опис елементів системи і взаємозв'язків між ними.

Для того, щоб викласти концептуальну модель системи, необхідно:

- перерахувати і назвати елементи, складові системи (визначити структуру системи);
- перерахувати функції елементів системи (яку функцію виконує даний елемент у системі);
- перерахувати взаємодії елементів системи між собою і навколишнім середовищем;
- описати взаємодію елементів системи між собою і навколишнім середовищем, які визначаються потоками речовини, енергії, інформації, послуг і грошей;
- концептуальну модель системи прийнято зображати графічною діаграмою, в якій елементи системи зображаються геометричними фігурами (квадрати, прямокутники, кола і так далі), в яких розміщуються написи, що пояснюють їх сенс;
- взаємодії елементів системи зазвичай зображаються стрілками, які умовно показують напрями потоків речовин, енергії, інформації, послуг, вимог або грошей від навколишнього середовища до елементів системи або від одних елементів системи до інших елементів.

Математичні символи у ряді випадків є зручним способом стислого опису складних екологічних систем, а рівняння дозволяють формально виразити можливий спосіб взаємодії різних компонентів екосистеми. Відповідна математична система називається моделлю, і вона є неповним і абстрактним відображенням реального миру.

Щоб сформувати систему, необхідно, виходячи з поставленої мети дослідження:

- визначити елементи, що належать до неї, щодо вибраних ознак;
- визначити ієрархічну структуру елементів, тобто підсистеми, щодо єдності їх ознак;
- визначити взаємозв'язки між підсистемами і їх зв'язки з навколишнім середовищем, вказавши відповідні потоки речовин, енергії, послуг і інформації.

Часто буває корисним проведення якісного розгляду структурного розбиття і моделювання системи. Структурне розбиття полягає в підрозділі загальної проблеми на дрібніші приватні проблеми, а моделювання системи - в спробі визначити взаємодію між її елементами.

Чим більше число підсистем, на які розбита система, тим складніше визначити роботу всієї системи щодо роботи підсистем. Зазвичай корисно розчленовувати проблему так, щоб взаємодія між її структурними елементами була відносно малою або визначною. Якщо складність взаємодії між елементами при подальшому розбитті помітно підвищується, то воно доцільне. У кожному конкретному випадку необхідний компроміс між меншістю структурних елементів, що полегшує їх аналіз, і трудностю синтезу цілого щодо його частин.

Вхідні змінні - це такі чинники, які роблять вплив на систему. Передбачається, що деякі з цих змінних, звані екзогенними або незалежними, не змінюються при функціонуванні системи.

Значення, що набуваються вихідними змінними, визначаються значеннями вхідних змінних і особливостями системи або мережі, яка вводиться програмою, що розробляється. При проектуванні системи дослідник



або укладач плану може управляти певними чинниками, і тому вони називаються змінними, що управляють або вирішують. Основне призначення аналізу полягає в набутті найбільш бажаних значень вирішальних змінних.

**Зміст практичних занять:** розгляд прикладів побудови складних систем.

**Тема: Основні стадії системного аналізу: постановка задачі, встановлення дерева цілей, визначення варіантів вирішення проблеми, моделювання, оцінка результатів.**

На етапі *постановки завдання* отримують якісний опис проблеми і/або системи. На цьому етапі передбачається визначення цілей роботи, можливостей її рішення, потреби ресурсів для її вирішення, на цьому етапі визначаються можливі рішення.

На етапі *моделювання* якісне представлення проблеми і/або системи переводять в кількісний опис.

#### **Підетапи моделювання:**

**1. Збір інформації для встановлення кількісного взаємозв'язку між змінними (елементами системи).**

Існує чотири способи отримання необхідної інформації:

- літературні джерела;
- натурні дослідження;
- експериментальні дослідження;
- експертні оцінки.

Літературні джерела - найбільш дешевий спосіб отримання інформації, вона достатньо достовірна (але не завжди).

Натурні дослідження полягають у вивченні реального процесу або явища шляхом кількісного визначення необхідних характеристик (наприклад, концентрації розчиненого кисню).

Експериментальні дослідження полягають в проведенні спостережень, в умовах, коли на об'єкт або процес, що досліджується, здійснюється контрольована дослідником дія. Експеримент може бути натурним, тобто проводитися на реальному об'єкті, і може бути лабораторним експериментом.

Експертна оцінка застосовується тоді, коли неможливо застосувати вище перелічені методи або коли параметри, що цікавлять, не мають реальних фізичних показників, тобто не можуть бути заміряні фізично. Вона заснована на досвіді і знаннях експертів. З урахуванням суб'єктивного чинника одне і те ж явище може отримувати різну оцінку, навіть якщо експерти входять до групи осіб зі схожими інтересами, досвідом і знаннями. Головне завдання при організації експертного оцінювання полягає в мінімізації внеску суб'єктивного чинника. Тому для проведення експертного оцінювання необхідно підібрати команду експертів з різними поглядами на дану проблему.

## **2. Побудова моделі системи; конкретизація кількісних взаємозв'язків між змінними.**

На цьому підетапі реальний процес, система або проблема (далі – об'єкт) представляються у вигляді моделі. Під моделлю розуміється реальний або уявний об'єкт, який імітує реальний об'єкт у вигляді, зручному для його вивчення, і зберігає істотні для вивчення властивості реального об'єкту. Тут встановлюються (де це можливо) чисельні значення параметрів моделі на основі наявних даних. Ця процедура називається калібруванням моделі.

## **3. Перевірка встановлених взаємозв'язків між змінними.**

Сенс цієї процедури полягає в забезпеченні упевненості в тому, що побудована модель відповідає (адекватна) реальному об'єкту. З цією метою бажане проведення верифікації моделі, яка полягає в тому, що результати тестового моделювання порівнюють з незалежними даними, і, якщо результати порівняння визнаються задовільними, то модель вважається адекватною об'єкту, що вивчається.

#### **4. Оцінка допущень і виявлення невизначеностей.**

Ця процедура дозволяє виключити ті зв'язки й елементи системи, які не роблять істотного впливу на ендогенні (вихідні) змінні (виходи системи) або для яких неможливо побудувати достовірну модель. Використовуючи метод песимістичної й оптимістичної оцінок, можна визначити поведінку системи в інтервалі можливих значень вхідних змінних. В цьому випадку може бути вибране таке рішення, яке мале чутливо до змін невизначених змінних.

На етапі *оцінки варіантів* можливих рішень дослідник повинен спробувати класифікувати можливі варіанти рішення за ступенем їх переваги.

Важливість і складність цього етапу полягає в тому, що він завершальний. На цьому етапі необхідно дати не саме єдине рішення, а вказати прийнятний шлях порівняння різних рішень.

**Зміст практичних занять:** розгляд основних стадій системного аналізу на ситуативному прикладі.

#### **Тема: Методологія моделювання і аналізу. Методологія оцінювання результатів рішення.**

Якщо на етапі постановки завдання отримують якісний опис проблеми, то на етапі моделювання якісне уявлення переходить в кількісне. На цьому етапі виникають функціональні залежності між змінними, і для кожного варіанту рішення і набору вхідних даних визначаються вихідні дані системи. Існують різні форми представлення цих залежностей, такі як рівняння, графіки або таблиці з чисельними значеннями змінних. Однією з основних цілей моделювання є надання допомоги дослідникові системи і особі, що ухвалює рішення, в отриманні яснішого уявлення про взаємозв'язки між різними елементами системи.

Аналіз починається із збору інформації, яка може бути використана для визначення залежностей між змінними. Операції, що виконуються на етапі моделювання, викладено вище.

В деяких випадках може опинитися, що отримати функціональні залежності між вихідними і вхідними змінними неможливо через нестачу даних, і тоді доводиться використовувати думку експертів. Крім того, експерти можуть надати дослідникові наступну допомогу:

- дати оцінку наявних даних з погляду їх надійності і застосовності;
- уточнити варіанти і змінні системи, що управляють;
- назвати показники, які можуть бути використані для кількісної характеристики загальних інтересів і цілей осіб, що входять в різні групи;
- вказати відносну важливість цілей і показників.

Для дослідника системи найбільш відповідним є експерт, якостями якого є: здатність застосування знань для вирішення даної проблеми, вміння передбачити події з розумною точністю, вміння довести необхідну інформацію до особи, що не є фахівцем, відносна безсторонність. Про здібності експерта судити важко. Щоб судити про них, необхідно взяти до уваги стаж роботи експерта за фахом, його публікації і академічні звання.

На етапі оцінки результатів рішення дослідник намагається класифікувати можливі варіанти вирішення за ступенем їх переваги.

### **Визначення міри для кожного показника стану об'єкту**

Мірою кожного показника може бути його якісний опис (впорядкування ознак і показників). При виборі шкали оцінок корисності (значущості) доцільно встановити інтервал можливих змін показника. Якнайкраще (найбільш прийнятне) значення зручно прийняти за одиницю, а найменш прийнятне – за нуль. Якнайкращого значення кожного показника може бути набуто, якби метою програми, що розробляється, була максимізація значення цього показника. Якнайгірше значення показника визначається його мінімальним значенням, яке ще могло б годитися для всіх зацікавлених сторін.

Важливість і складність цього етапу полягає в тому, що він завершальний. На цьому етапі необхідно дати не само єдине рішення, а вказати прийнятний шлях порівняння різних рішень.

**Зміст практичних занять:** розгляд прикладів з використанням методології моделювання і аналізу.

**Тема: Поняття моделі. Класифікація моделей. Види математичних моделей.**

Модель – це уявний або реальний об'єкт, який являє собою реальний об'єкт у вигляді, зручному для його вивчення, і зберігає основні риси реального процесу або об'єкту, що підлягають моделюванню.

Процес побудови моделей називається моделюванням.

Модель повинна враховувати необхідні екзогенні, ендогенні змінні реального процесу, а також ті, що управляють.

Всі моделі діляться на дві великі групи:

- моделі матеріальні, що утілюються в матеріальних об'єктах;
- моделі ідеальні (уявні).

Матеріальні моделі бувають двох видів:

- фізичні;
- аналогові.

Вони мають матеріальне втілення.

Фізичні моделі – це моделі, які мають однакову з реальним об'єктом або процесом фізичну природу, тобто підкоряються однаковим фізичним законам, і зберігають комплекс властивостей реального об'єкту.

Побудова фізичних моделей здійснюється на основі принципу подібності. Подібними називаються об'єкти навколишнього середовища, у яких параметри, що визначають модельовані параметри стану, розрізняються у будь-який момент часу і в будь-якій точці простору в однакову кількість разів, звану

масштабом подібності.

Результати, отримані на фізичних моделях, дуже правдоподібні. Проте фізичним моделям властиві деякі істотні недоліки, а саме:

- висока вартість і трудомісткість;
- для кожного нового модельованого об'єкту необхідно створювати нову фізичну модель;
- при зміні будь-яких параметрів моделі її необхідно переробляти або перенастроювати;
- фізичне моделювання можливо виконати тільки в тих випадках, коли можна забезпечити дотримання принципу подібності модельованих властивостей об'єкту або процесу.

Аналогові моделі - це моделі, які мають з реальним об'єктом різну фізичну природу, проте підкоряються схожим (аналогічним) закономірностям, тобто є квазіізоморфними реальному об'єкту.

Ізоморфізм припускає, що різні за фізичними властивостями природні об'єкти можуть мати однакові властивості, які не залежать від фізичної природи об'єктів, а залежать тільки від їх структури. Принцип аналогії припускає, що якщо два різних об'єкти мають яку-небудь схожість, то на підставі цього можна зробити висновки про схожість пов'язаних з ними станів цих об'єктів.

Переконаливою підставою для затвердження про наявність аналогії між двома об'єктами різної фізичної природи, один з яких підлягає моделюванню, є схожість математичного опису.

#### **До переваг аналогових моделей можна віднести:**

1. За допомогою одного фізичного пристрою можна моделювати об'єкти різної фізичної природи.
2. Зміна параметрів модельованого процесу не вимагає створення нової моделі, досить змінити параметри вже наявної моделі.

Під математичним моделюванням розуміють вивчення властивостей об'єктів на математичних моделях.

Під математичними моделями розуміють опис об'єкту за допомогою математичних символів.

**Зміст практичних занять:** розгляд різноманітних видів моделей. Приклади моделей, їх використання у практиці.

**Тема: Методологія побудови балансових моделей. Методологія побудови статистичних моделей.**

Перший підхід при побудові математичних моделей заснований на обліку фізичних, хімічних, біологічних процесів, що відбуваються в реальній системі. Головною умовою при описі системи в рамках цього підходу є непротиворіччя законам природи. Тому ці моделі отримали назву балансових.

Принцип матеріального балансу є наслідком фундаментального закону збереження кількості речовини, згідно до якого будь-яка речовина не виникає з нічого і не зникає без сліду, але тільки переміщується у просторі, перетворюється у інші речовини або утворюється з інших речовин.

Якщо мірою величини елемента системи є його маса  $M$ , тобто маса усіх речовин, що його складають, то матеріальний баланс для елемента в цілому відображується рівнянням:

$$\dot{M} \equiv \frac{dM}{dt} = J,$$

де  $J$  - сумарний (повний) потік маси усіх речовин до елемента системи, що також може бути додатним, від'ємним або нульовим.

Реакції, що протікають у елементі, не впливають на його повну масу. Надалі саме масові частки речовин приймаються за міру їх вмісту в елементах систем, що розглядаються.

Для статистичних моделей формуються гіпотези про характер взаємозв'язку між вихідними і вхідними параметрами, після чого цей взаємозв'язок виражається у формі математичного співвідношення.

Параметрами статистичних моделей є статистики, тобто параметри системи, побудовані безпосередньо за даними спостережень.

У широкому розумінні статистичний підхід має давати відповідь на запитання:

1) чи є детерміновані зв'язки, які називають трендами, між величинами за даними їх спостережень, що складають вибірку?

2) яка структура цих зв'язків (трендів), а саме: що, від чого і яким чином залежить?

3) як найліпше визначити параметри ідентифікованих залежностей, щоб відокремити тренди від прояву випадкових факторів, який називають шумом?

4) які характеристики має шум?

Процедури, що застосовуються у пошуку відповідей на перші два запитання, складають етап ідентифікації статистичної моделі.

Пошук відповідей на останні два запитання складають процедури етапу налагоджування статистичної моделі.

**Зміст практичних занять:** розгляд прикладів побудови балансових та статистичних моделей.

### 3. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

(розподіл навчального часу практичних занять)

**Таблиця 3.1 - Розподіл навчального часу практичних занять**

<b>Зміст</b>	<b>Кількість годин</b>
<b>ЗМ 1.1.</b> Системний підхід.	2
<b>ЗМ 1.2.</b> Системний аналіз довкілля, моделювання стану екосистем	2
<b>ЗМ1.3.</b> Системний аналіз довкілля, методи математичної статистики	2
<b>РАЗОМ</b>	6



#### 4. ІНФОРМАЦІЙНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КУРСУ

№	Бібліографічні описи, Інтернет адреси
<b>1. Рекомендована основна навчальна література (підручники, навчальні посібники, інші видання)</b>	
1	Пэнтл Р. Методы системного анализа окружающей среды – М.: Мир, 1979. –214 с.
2	Прокопенко А.И. Вайнер В.Г., Галкин В.Л. Экономико-экологическое моделирование: Учебное пособие; Харьков: АО “Бизнес Информ”, 1997.- 360 с.
3	Примаков А.В., Кафаров В.В., Качиашвили К.И. Системный анализ контроля и управления качеством воды и воздуха. К.: Наук. Думка, 1991.- 360 с.
4	Математические методы контроля загрязнения воды/Под ред. А. Джеймса – М.: Мир: 1981.- 172 с.
<b>2. Додаткові джерела (довідники, нормативні видання, сайти інтернет тощо)</b>	
1	Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. СПб.: Изд. СПбГТУ, 1997. 510 с.
2	Кузнецов О.Л., Кузнецов П.Г., Большаков Б.Е. Система природа-общество-человек: Устойчивое развитие. - ВНИИГеосистем; Университет "Дубна", 2000.
3	Лямец В.И., Тевяшев А.Д. Системный анализ. - Харьков: ХТУРЭ, 1998 - 252 с.
4	Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. — М.: Высшая школа, 1989.
5	Губанов В.А. и др. Введение в системный анализ: Учебное пособие /Под ред. Л.А. Петросяна. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1988.
6	Уемов А.И. Системный подход и общая теория систем. - М.: Мысль, 1978.
7	Шабалин Л.И. Система самоорганизации природы. Новосибирск, 1998.
8	Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М., 1981.
9	Уемов А.И. Методы построения и развития общей теории систем. М.: Наука, 1971.

**3. Методичне забезпечення**  
**(реєстр методичних вказівок, інструкцій до лабораторних робіт, планів**  
**семінарських занять, комп'ютерних програм, відео-аудіо-матеріалів,**  
**плакатів тощо)**

1	Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Системний аналіз» (для студентів 2 курсу денної і 3 курсу заочної форм навчання спеціальності 6.070800 – "Екологія та охорона навколишнього природного середовища"). Укл.: Бараннік В.О., Дмитренко Т.В. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 6 с.
---	---

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Системний аналіз» (для студентів 3 курсу заочної форми навчання за напрямом підготовки 6.040106 – "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування")

Укладач: *Тетяна Володимирівна Дмитренко*

Редактор *М.З. Аляб'єв*

Комп'ютерне верстання *Ю.П. Степась*

План 2009, поз. 114 М.

---

Підп. до друку 25.11.2009  
Друк на ризографі.  
Тираж 50 пр.

Формат 60x84 1/16.  
Ум. друк. арк. 0,8.  
Зам. №

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 731 від 19.12.2001